

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-024602

(43)Date of publication of application : 27.01.1995

(51)Int.Cl. B23B 19/02
F16C 32/04

(21)Application number : 05-169334

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 08.07.1993

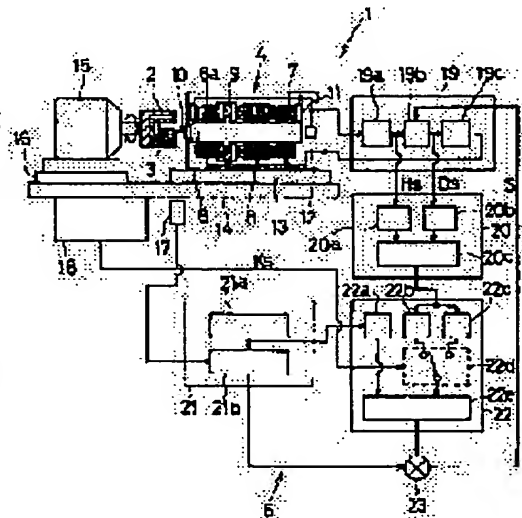
(72)Inventor : ICHIKAWA ATARU
HAYASHI AKIYA
NIIMI ATSUO
ITO SHINZO

(54) WORKING MACHINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent the occurrence of saturation being attendant on the change of the working condition of a workpiece in a working machine having a magnetic bearing spindle.

CONSTITUTION: A controller 5 for a magnetic bearing spindle 4 has a control gain output section 22 to output a control gain for deciding a control signal S to be output to a magnetic bearing controller 19. The control gain output section 22 has control gain computing sections 22b, 22c to compute a control gain (rough machining gain and a finishing gain) corresponding to a machining process (rough machining and a finishing); a control gain deciding section 22d to decide the control gain on a machining process changing over signal Ks output from a grinding machine controller 18; and a control gain output timing circuit 22c to change over the control gain decided by the machining process changing over signal ks.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.06.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2863689

[Date of registration] 11.12.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-24602

(43) 公開日 平成7年(1995)1月27日

(51) Int.Cl.⁶

B 2 3 B 19/02

F 1 6 C 32/04

識別記号

庁内整理番号

B 9136-3C

A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-169334

(22) 出願日 平成5年(1993)7月8日

(71) 出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 市川 中

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 林 聡哉

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 新美 淳夫

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石黒 健二

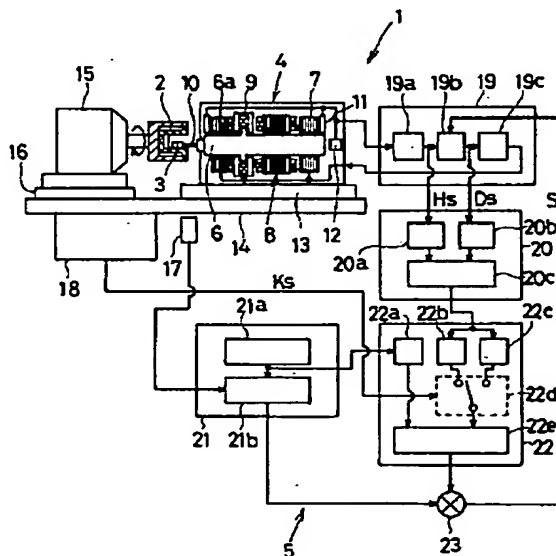
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工機械

(57) 【要約】

【目的】 磁気軸受スピンドルを有する加工機械において、被加工物の加工条件の変化に伴うサチュレーションの発生を防止することにある。

【構成】 磁気軸受スピンドル4の制御装置5は、磁気軸受コントローラ19に出力される制御信号Sを決定するための制御ゲインを出力する制御ゲイン出力部22を備える。この制御ゲイン出力部22は、加工工程（荒加工と仕上げ加工）に応じた制御ゲイン（荒加工用ゲインと仕上げ加工用ゲイン）を演算する制御ゲイン演算部22b、22cと、研削盤制御部18より出力される加工工程切替信号Ksによって制御ゲインを決定する制御ゲイン決定部22dと、加工工程切替信号Ksによって決定された制御ゲインの切り替えを行う制御ゲイン出力タイミング回路22eとを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】被加工物を加工するための加工用工具が取り付けられる回転軸、および励磁電流が流れることで発生する磁力によって前記回転軸を浮上させた状態で軸支する磁気軸受を有する磁気軸受スピンドルと、前記磁気軸受に流れる励磁電流を制御して前記回転軸の位置を可変する制御装置とを備えた加工機械において、前記制御装置は、

- a) 前記磁気軸受スピンドル内での前記回転軸の位置を検出する回転軸位置検出手段と、
- b) この回転軸位置検出手段の検出値と前記磁気軸受に流れる励磁電流とを基に前記被加工物の加工形状を測定する加工形状測定手段と、
- c) この加工形状測定手段で測定された前記被加工物の加工形状と前記被加工物の目標形状との比較に基づいて、あらかじめ推定される複数の加工条件に対応する各々の制御ゲインを演算する制御ゲイン演算手段と、
- d) 前記被加工物の加工条件の変化を検出する加工条件検出手段と、
- e) 前記制御ゲイン演算手段で演算された各制御ゲインより、前記加工条件検出手段で検出された加工条件に対応する制御ゲインを決定する制御ゲイン決定手段と、
- f) この制御ゲイン決定手段で決定された制御ゲインに基づいて、前記磁気軸受に流れる励磁電流を制御する励磁電流制御手段とを備えたことを特徴とする加工機械。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気軸受スピンドルを備えた加工機械に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、電磁石の磁力によって回転軸を非接触で支持する磁気軸受スピンドルがある。この磁気軸受スピンドルは、回転軸が非接触で支持されることから高速回転性に優れるとともに、クイルを用いて円筒内面等の砥石研削を行う場合に、回転軸の電子制御機能を利用してクイルの剛性を補うことができる（特開平 3-86469号公報参照）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記公報に開示された磁気軸受スピンドルの制御装置では、荒加工、仕上加工等の加工工程（加工条件）の変化に対応した制御が行われていない。このため、研削負荷の大きな荒加工において大きな力や変位が必要となり、その結果、サチュレーションの発生等により修正値が不正となる。本発明は、上記事情に基づいて成されたもので、その目的は、磁気軸受スピンドルを備えた加工機械において、被加工物の加工条件の変化に伴い最適な制御を行うことにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達

成するために、被加工物を加工するための加工用工具が取り付けられる回転軸、および励磁電流が流れることで発生する磁力によって前記回転軸を浮上させた状態で軸支する磁気軸受を有する磁気軸受スピンドルと、前記磁気軸受に流れる励磁電流を制御して前記回転軸の位置を可変する制御装置とを備えた加工機械において、前記制御装置は、前記磁気軸受スピンドル内での前記回転軸の位置を検出する回転軸位置検出手段と、この回転軸位置検出手段の検出値と前記磁気軸受に流れる励磁電流とを基に前記被加工物の加工形状を測定する加工形状測定手段と、この加工形状測定手段で測定された前記被加工物の加工形状と前記被加工物の目標形状との比較に基づいて、あらかじめ推定される複数の加工条件に対応する各々の制御ゲインを演算する制御ゲイン演算手段と、前記被加工物の加工条件の変化を検出する加工条件検出手段と、前記制御ゲイン演算手段で演算された各制御ゲインより、前記加工条件検出手段で検出された加工条件に対応する制御ゲインを決定する制御ゲイン決定手段と、この制御ゲイン決定手段で決定された制御ゲインに基づいて、前記磁気軸受に流れる励磁電流を制御する励磁電流制御手段とを備えたことを技術的手段とする。

【0005】

【作用】上記構成より成る本発明の加工機械は、被加工物の加工条件の変化を検出する加工条件検出手段を有し、制御ゲイン演算手段で演算された各制御ゲインより、加工条件検出手段によって検出された加工条件に対応する制御ゲインが決定される。そして、決定された制御ゲインに基づいて、磁気軸受に流れる励磁電流を制御して回転軸の位置を可変する。制御ゲイン演算手段は、加工形状測定手段で測定された被加工物の加工形状と被加工物の目標形状との比較に基づいて、あらかじめ推定される複数の加工条件に対応する各々の制御ゲインを演算する。

【0006】

【実施例】次に、本発明の加工機械の一実施例を図 1 ないし図 4 に基づいて説明する。図 1 は加工機械の構成を示すブロック図である。本実施例の加工機械 1 は、ワーク 2（被加工物）の円筒内周面を研削する内面研削盤で、研削用の砥石 3（加工用工具）を回転支持する磁気軸受スピンドル 4 と、この磁気軸受スピンドル 4 の制御装置 5（後述する）を備える。

【0007】磁気軸受スピンドル 4 は、外周にフランジ部 6a が設けられた回転軸 6、この回転軸 6 の両端外周部に配置されて、回転軸 6 を浮上させて軸支するラジアル電磁石 7（本発明の磁気軸受）、回転軸 6 を回転駆動するモータ 8、回転軸 6 のフランジ部 6a を介して回転軸 6 の軸方向の変位を規制するアキシャル電磁石 9 等より構成されている。回転軸 6 の先端（図 1 の左端）には、回転軸 6 と同軸にクイル 10 が設けられ、このクイル 10 の先端に砥石 3 が取り付けられている。なお、回

転軸6は、ラジアル電磁石7の通電が遮断されて磁気浮上力が消失した時に、図示しない保護ベアリングによって軸支される。

【0008】ラジアル電磁石7は、それぞれ回転軸6の上下、左右に各々1個、計4個ずつ配置されて、励磁電流の大きさに応じて磁力が変化する。従って、各ラジアル電磁石7の励磁電流を制御することにより、回転軸6を偏らせて軸支することができる。磁気軸受スピンドル4には、回転軸6の半径方向の位置を検出する位置センサ11と、回転軸6の軸方向の位置を検出する位置センサ12とが設けられている。位置センサ11は、回転軸6の両端外周面にそれぞれ近接して配置され、位置センサ12は、回転軸6の後端面（図1の右端面）に近接して配置されている。

【0009】この磁気軸受スピンドル4は、図2に示すように、オシレーションテーブル13に固定支持されて、このオシレーションテーブル13がベッドフレーム14に対して磁気軸受スピンドル4の軸方向に移動可能に設けられている。ベッドフレーム14の端部には、ワーク2を支持するチャック装置15を備えたワークテーブル16が載置されて、このワークテーブル16がベッドフレーム14に対してオシレーションテーブル13の移動方向と直交する方向に移動可能に設けられている。従って、ベッドフレーム14に対してオシレーションテーブル13とワークテーブル16とを移動することにより、ワーク2と砥石3との相対位置が変化する。なお、チャック装置15に支持されたワーク2は、図示しないモータにより回転駆動される。また、ベッドフレーム14には、オシレーションテーブル13の位置を検出するオシレーション検出センサ17（図1参照）が設けられている。

【0010】制御装置5は、上述の位置センサ11、位置センサ12、オシレーション検出センサ17の他に、研削盤制御部18、磁気軸受コントローラ19、加工形状測定部20、修正波形発生部21、制御ゲイン出力部22、および制御信号演算部23より構成される。研削盤制御部18（本発明の加工条件検出手段）は、加工工程（本実施例では荒加工と仕上加工）の切り替えを指示する加工工程切替信号Ksを出力する。

【0011】磁気軸受コントローラ19は、ラジアル電磁石7およびアキシャル電磁石9に流れる励磁電流を制御するもので、位置センサ11、12の各検出値をそれぞれ変位信号Hsに変換するセンサ回路19a、このセンサ回路19aで変換された変位信号Hsと制御信号演算部23で演算された制御信号SをPID調節（比例+積分+微分動作）して電流信号Dsを演算するPID回路19b、このPID回路19bで得られた電流信号Dsを増幅して各ラジアル電磁石7およびアキシャル電磁石9に出力する電力増幅回路19cより構成される。

【0012】加工形状測定部20は、磁気軸受コントロ

ーラ19のセンサ回路19aで変換された変位信号Hsをデジタル信号に変換するA/D変換器20a、PID回路19bで得られた電流信号Dsをデジタル信号に変換するA/D変換器20b、A/D変換器20aで変換されたデジタル信号とA/D変換器20bで変換されたデジタル信号を基にワーク2の加工形状を測定する（本実施例では、ワーク2の内周面の入口と奥のデータより内周面のテーパ値を決定する）加工形状測定回路20cより構成されている。

【0013】修正波形発生部21は、あらかじめ推定されるワーク2の加工形状（加工途中で形状修正を行わない場合の加工形状）に対する1オシレート分の修正波形を記憶しておく修正波形記憶部21a、この修正波形記憶部21aに記憶された修正波形を磁気軸受スピンドル4のオシレーションに同期して出力する波形出力タイミング回路21bより構成されている。なお、1オシレート分の波形とは、オシレーションテーブル13が1往復する間に加工されるワーク2の加工形状に対応する波形である。

【0014】制御ゲイン出力部22は、修正波形記憶部21aより出力される波形の0点を検出する0点検出回路22a、加工形状測定回路20cで測定されたワーク2の加工形状（テーパ値）とワーク2の目標形状との比較に基づいて、加工工程に応じた制御ゲイン（荒加工用ゲインと仕上加工用ゲイン）を演算する制御ゲイン演算部22b、22c、研削盤制御部18より出力される加工工程切替信号Ksにより、制御ゲインを決定する制御ゲイン決定部22d、0点検出回路22aで検出された0点にて制御ゲイン（制御ゲイン決定部22dで決定された制御ゲイン）の切り替えを行う制御ゲイン出力タイミング回路22eより構成されている。なお、荒加工用ゲインは、荒加工の時にワーク2への修正量が少なくなるように設定され、仕上加工用ゲインは、仕上加工の時にワーク2への修正量が多くなるように設定されている（図4参照）。

【0015】制御信号演算部23は、修正波形発生部21より出力される修正波形と制御ゲイン出力部22より出力される制御ゲインとを乗算して制御信号Sを求め、この制御信号Sを磁気軸受コントローラ19のPID回路19bへ出力する。

【0016】次に、本実施例の作動を図3に示すフローチャートおよび図4に示すタイムチャートを基に説明する。まず、加工が開始されることにより、オシレーション検出センサ17によって磁気軸受スピンドル4のオシレーションと同期する同期信号を検出する（ステップS1でYES）。続いて、磁気軸受コントローラ19のセンサ回路19aで変換された変位信号HsおよびPID回路19bで得られた電流信号Dsを抽出し（ステップS2）、その変位信号Hsと電流信号Dsよりワーク2の加工形状を測定する（ステップS3）。

5

【0017】続いて、研削盤制御部18から出力された加工工程切替信号Ksにより加工工程の判定を行い（ステップS4）、それぞれの加工工程（荒加工、仕上加工）に応じた制御ゲインを演算する。つまり、荒加工の時には制御ゲイン演算部22bで荒加工用ゲインが演算され（ステップS5）、仕上加工の時には制御ゲイン演算部22cで仕上加工用ゲインが演算される（ステップS6）。続いて、修正波形記憶部21aより磁気軸受スピンドル4のオシレーションに同期して出力される修正波形の0点を検出して（ステップS7でYES）、その

タイミングで制御ゲイン（加工工程に応じて演算された制御ゲイン）の切り替えを行う（ステップS8）。このように、波形の0点で制御ゲインの切り替えを行うことにより、ワーク2の加工面に段差が生じるのを防止することができる。

【0018】続いて、修正波形発生部21より出力される修正波形と制御ゲイン出力部22より出力される制御ゲインとを乗算して得られた制御信号Sを磁気軸受コントローラ19のPID回路19bへ出力して、各ラジアル電磁石7およびアキシヤル電磁石9への励磁電流を制

御する（ステップS9）。以上の動作を1オシレーション毎に行い、目標形状が得られるまで研削加工を行った後（ステップS10でYES）、加工を終了する。

【0019】このように、本実施例では、加工工程に応じた制御ゲインを演算して、荒加工時と仕上加工時とで制御ゲインを可変することにより、各工程において最適な制御ゲインを出力することができる（図4参照）。この結果、荒加工時にはワーク2への修正量を少なくすることでワーク2の形状悪化を防止することができ、仕上加工時にはワーク2への修正量を多くして形状修正を行

うことにより、高精度な加工を実現することができる。

【0020】〔変形例〕本実施例では、加工工程に応じて制御ゲインを可変する例を示したが、加工工程以外にワーク2の加工条件が変化する要因に基づいて、制御ゲインの決定方法を可変するようにしても良い。なお、加工条件が変化する要因としては、①ドレス後の加工数、②多軸研削盤での軸番号、③ホストプロセスで計測した前数個のテーパ値（加工形状）の平均等が考えられる。加工工程切替信号Ksは、磁気軸受の電磁石電流より研削負荷を検出することにより作成することも可能であ

【0021】上記実施例では、磁気軸受スピンドル4の

6

オシレーション毎にワーク2の形状修正を行う例を示したが、ワーク2の回転に同期した信号によって回転方向の形状修正を行うことも可能である。磁気軸受のオシレーションを検出するためにオシレーション検出センサ17を設けたが、NC、シーケンサ、定寸装置、磁気軸受スピンドル4のZ軸センサ等より出力される信号によってオシレーションを検出するようにしても良い。制御ゲインの決定に対して、微分要素、積分要素等により精度向上を図ることもできる。修正波形記憶部21aに記憶される修正波形は、ワーク2の品番毎に変更可能である。

【0022】

【発明の効果】本発明の加工機械は、あらかじめ推定される被加工物の加工条件に応じて制御ゲインを可変することにより、それぞれの加工条件に応じて最適な制御ゲインを出力することができる。その結果、サチュレーションの発生を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の加工機械の構成を示すブロック図である。

【図2】加工機械1（内面研削盤）の斜視図である。

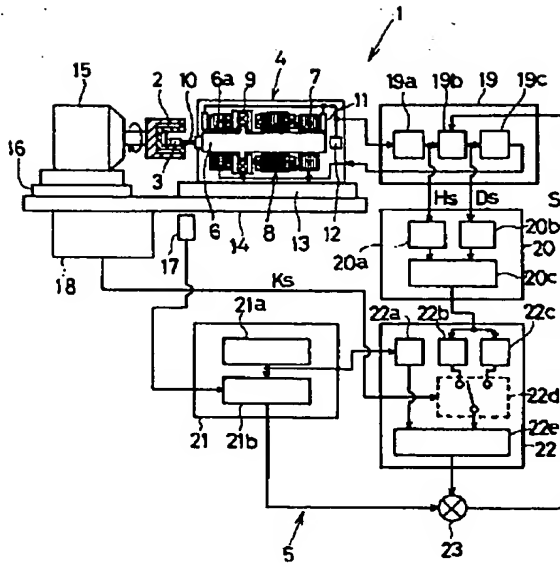
【図3】第1実施例の作動を示すフローチャートである。

【図4】第1実施例の作動に係るタイムチャートである。

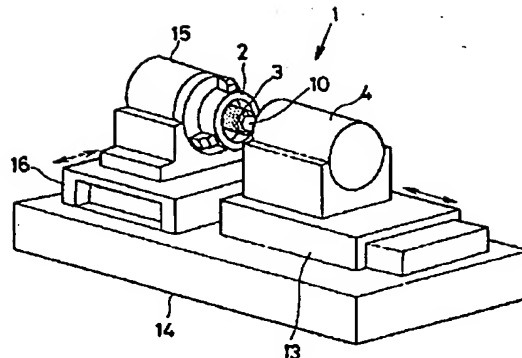
【符号の説明】

- 1 加工機械
- 2 ワーク（被加工物）
- 3 砥石（加工用工具）
- 4 磁気軸受スピンドル
- 5 制御装置
- 6 回転軸
- 7 ラジアル電磁石（磁気軸受）
- 11 位置センサ（回転軸位置検出手段）
- 12 位置センサ（回転軸位置検出手段）
- 18 研削盤制御部（加工条件検出手段）
- 19 磁気軸受コントローラ（励磁電流制御手段）
- 20 加工形状測定部（加工形状測定手段）
- 22b 制御ゲイン演算部（制御ゲイン演算手段）
- 22c 制御ゲイン演算部（制御ゲイン演算手段）
- 22d 制御ゲイン決定部（制御ゲイン決定手段）

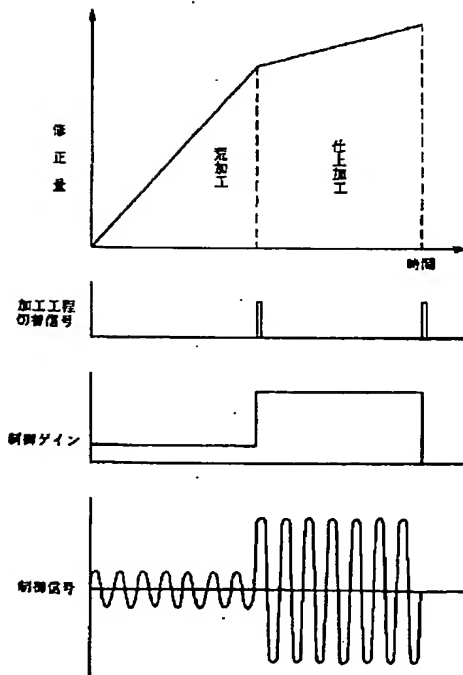
【図1】



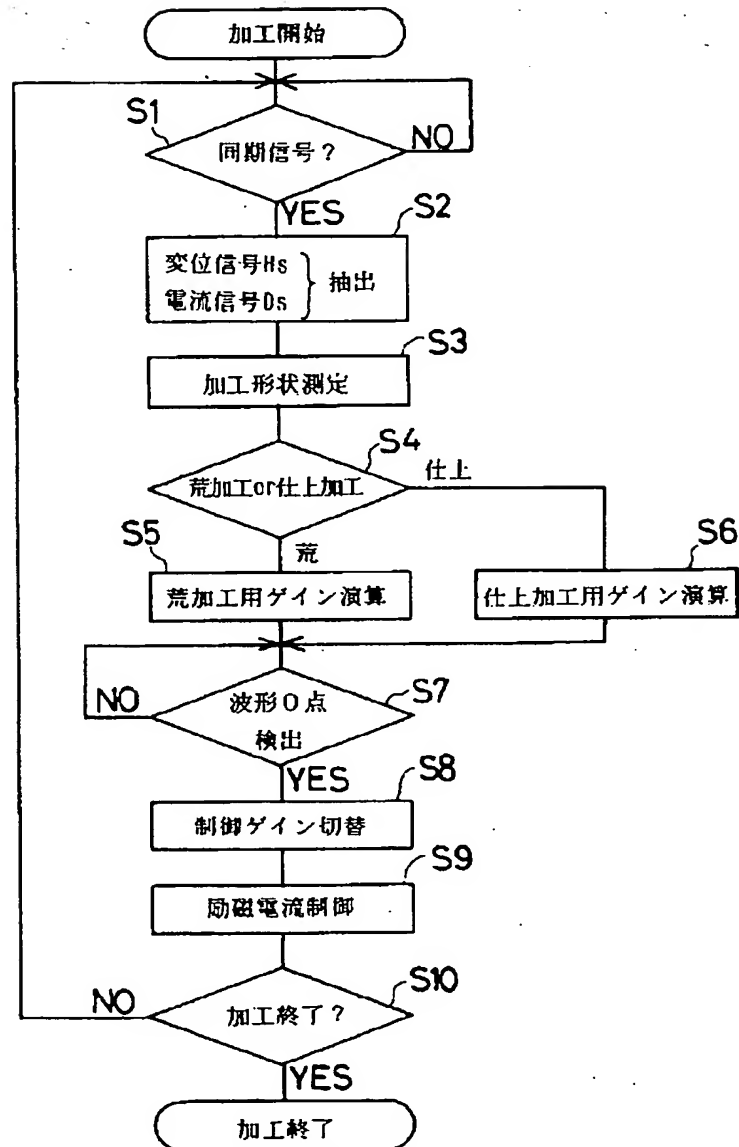
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 新三
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内